

IDENTIFIKASI DAN ESTIMASI TINGKAT PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI LiDAR (Studi Kasus : Air Upas, Kabupaten Ketapang)

Tsana'a Alifia Nauthika, Andri Suprayogi, Bambang Sudarsono^{*)}

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : tsanaaalifia@gmail.com

ABSTRAK

Data penginderaan jauh (inderaja) telah banyak digunakan untuk identifikasi dan pemantauan kondisi penggunaan lahan pertanian. Salah satu teknologi penginderaan jauh yang tengah berkembang sangat pesat ialah LiDAR. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama dalam bidang perkebunan di Indonesia. Sebagai komoditas unggulan, maka diperlukannya monitoring lahan secara akurat dan berkala untuk mengontrol produktivitas kelapa sawit. Untuk mengidentifikasi dan mengestimasi tingkat produktivitas kelapa sawit pada Kecamatan Air Upas dengan nomor lembar 17E, diterapkan menggunakan metode perhitungan pohon secara otomatis dan manual. Pada penelitian ini *orthophoto* menggunakan metode *template matching* untuk perhitungan ekstraksi otomatis pohon kelapa sawit dan perhitungan jumlah pohon manual dilakukan digitasi. Data LiDAR dilakukan pembuatan DEM, DSM dan CHM yang digunakan untuk menentukan tinggi masing-masing pohon kelapa sawit. Umur tanaman dapat diketahui berdasarkan hasil identifikasi tinggi pohon.

Hasil ekstraksi otomatis identifikasi pohon kelapa sawit berjumlah 23.178 pohon dan hasil digitasi manual berjumlah 24.260 pohon. Hal ini berarti persentase perhitungan tercapai >80% yaitu mencapai 95,53%. Perbedaan posisi antara kedua metode didapat nilai RMSe absis (X) sebesar 0,64 meter dan nilai RMSe ordinat (Y) sebesar 0,73 meter. Berdasarkan hasil identifikasi pohon, tinggi pohon yang paling dominan pada area Kecamatan Air Upas dengan nomor lembar 17E seluas $\pm 178,1$ ha adalah berkisar antara 6,7 meter sampai dengan 8,4 meter dan estimasi umur pohon kelapa sawit yang paling dominan pada area studi penelitian adalah umur 10 tahun sebanyak 4.759 pohon, umur 11 tahun sebanyak 4.841 pohon dan umur 12 tahun sebanyak 4.684 pohon. Besarnya nilai kesalahan (RMSe) perbedaan antara titik manual dan titik otomatis pada tinggi pohon sebesar 0,76 meter. Estimasi tingkat produktivitas kelapa sawit berdasarkan umur untuk masing-masing kelas lahan adalah sebesar 5.545,6 ton untuk kelas lahan S1 (sangat sesuai); sebesar 4.970,3 ton untuk kelas lahan S2 (sesuai) dan sebesar 4.726,6 ton untuk kelas lahan S3 (kurang sesuai). Tinggi rendahnya produktivitas tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh komposisi umur tanaman dan kesesuaian kondisi lahan.

Kata Kunci : eCognition, Kelapa Sawit, LiDAR, Perkebunan, *Template Matching*

ABSTRACT

Remote sensing data has been used widely to identify and monitoring agriculture land use. One of the developed technologies of remote sensing is LiDAR. Oil palm is one of the main commodities of plantations in Indonesia. As one of the prime commodities, accurate and periodical land monitoring is necessary to control the oil palm productivity. To identify and estimate the oil palm productivity in Air Upas District with 17E sheet number, manual and automatic tree calculations are applied. Methods in this research are aerial imagery with template matching for automatic extracting calculation of oil palm tree and manual digitization for calculating the number of trees. LiDAR data is used to create DEM, DSM and CHM to determine each height of the oil palm trees. Age of plants can be discovered based on the identification of the tree height.

Automatic extraction result of the oil palm trees is 23.178 and manual digitizing with 24.260 trees. This means the calculating percentage reached >80% which is 95.53%. Different positions between both methods are obtained from abscissa (x) RMSe value of 0.64meter and ordinate (y) RMSe value of 0.73 meter. Based on the tree identification result, the dominant tree height in Air Upas District with the sheet number of 17E width of ± 178.1 ha range from 6.7 meter to 8.4 meter and the most dominant estimated age of oil palm tree in study area of the research is age of 10 with total of 4.685 trees, age of 11 with total of 4.841 trees and age of 12 with total of 4.684 trees. The error (RMSe) value between manual points and automatic points difference on tree heights is 0.76 meter. Oil palm productivity estimations based on age for each land class are as follows, 5.545,6 ton for land class S1 (very correspondent), 4.970,3 ton for land class s2 (correspondent) and 4.726,5 ton for land class s3 (less correspondent). Oil palm level of productivity is affected by plant age compositions and land condition conformity.

Keywords: eCognition, Oil Palm, LiDAR, Plantation, *Template Matching*

^{*)}Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Menurut data dari Kementerian Pertanian Indonesia, jumlah total luas area perkebunan sawit di Indonesia pada saat ini mencapai sekitar 8 juta hektar; dua kali lipat dari luas area di tahun 2000 ketika sekitar 4 juta hektar lahan di Indonesia dipergunakan untuk perkebunan kelapa sawit. Jumlah ini diduga akan bertambah menjadi 13 juta hektar pada tahun 2020 (Setianto, B., 2016). Sehingga perlu dilakukan hal-hal atau penelitian-penelitian untuk menunjang program pemerintah yaitu menjadikan Indonesia sebagai penghasil CPO terbesar nomor satu di dunia dengan melakukan pemetaan perencanaan perkebunan.

Data penginderaan jauh (inderaja) telah banyak digunakan untuk identifikasi dan pemantauan kondisi penggunaan lahan pertanian. Salah satu teknologi penginderaan jauh yang tengah berkembang sangat pesat ialah LiDAR dan fotogrametri. Pemanfaatan data LiDAR dan fotogrametri semakin banyak dikembangkan salah satunya yakni pada bidang perkebunan dan kehutanan.

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dengan menggunakan data *point cloud* LiDAR berupa DEM dan DSM serta foto udara. Pada data *point cloud*, setiap titik pantulan mempunyai koordinat 3D sehingga bisa dilakukan pengukuran untuk mengetahui ketinggian dan umur masing-masing pohon. Data foto udara digunakan sebagai data *input* untuk mengetahui keadaan tiap pokok sawit serta mengetahui perhitungan jumlah pohon secara otomatis dan manual. Dalam pelaksanaan kerja, pengolahan data yang saya lakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, Global Mapper dan eCognition.

Penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perhitungan jumlah pohon kelapa sawit yang efektif dan efisien, tinggi pohon serta umur pohon berdasarkan ketinggian pohon dengan menggunakan data LiDAR dan foto udara serta dapat dijadikan sebagai masukan untuk pemanfaatan teknologi penginderaan jauh khususnya LiDAR dan foto udara dalam upaya-upaya manajemen dan pelestarian area perkebunan dan hutan di Indonesia.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis identifikasi dan perhitungan jumlah pohon secara otomatis dan manual?
2. Bagaimana analisis identifikasi tinggi pohon untuk estimasi umur pohon?
3. Bagaimana analisis tingkat produktivitas kelapa sawit berdasarkan umur tanaman?

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian
Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Melakukan dan mengetahui perhitungan jumlah pohon/tanaman kelapa sawit secara otomatis dan manual
 - b. Mengetahui umur pohon berdasarkan tinggi pohon
 - c. Mengetahui tingkat produktivitas kelapa sawit
2. Manfaat Penelitian
Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:
- a. Aspek Keilmuan
Memberikan kontribusi bagi ilmu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, khususnya mengenai teknologi LiDAR dan fotogrametri.
 - b. Aspek Rekayasa
Hasil penelitian dapat digunakan untuk kepentingan pengaruh tingkat produktivitas kelapa sawit terhadap nilai ekonomi daerah serta kepentingan manajemen perencanaan perkebunan tanaman kelapa sawit, khususnya wilayah Air Upas.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Metode yang digunakan pada pengolahan perhitungan pohon otomatis pada foto udara multispektral adalah metode *template matching*
2. Metode yang digunakan untuk mengetahui tinggi pohon kelapa sawit pada data LiDAR dengan perhitungan secara matematis yaitu dengan mengurangi nilai ketinggian dari DSM dengan ketinggian tanah permukaan di area penelitian yaitu DEM (*Digital Elevation Model*)
3. Nilai jumlah pohon yang dianggap benar dari hasil menggunakan digitasi manual foto udara multispektral menggunakan ArcGIS 10.2
4. Tingkat produktivitas dinyatakan dalam satuan ton
5. Proses pengolahan data LiDAR menggunakan Global Mapper dan ArcMap 10.2
6. Proses pengolahan data foto udara multispektral menggunakan eCognition dan ArcMap 10.2

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1.4.1 Lokasi Penelitian

Area studi penelitian ini dilakukan di Kecamatan Air Upas, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat yang difokuskan pada nomor lembar (tile) 17E pada koordinat di antara 00°56'15" s/d 01°50'42" LU dan 116°03'20" s/d 117°03'32" BT dengan luas area sebesar ± 196,1 ha.

1.4.2 Alat dan Data Penelitian

1. Peralatan keras yang dibutuhkan pada penelitian adalah:
 - a. Laptop yang memiliki spesifikasi prosesor Intel(R) Core(TM) i5, RAM 4 GB dengan sistem operasi Windows 64-bit.

- b. Workstation yang memiliki spesifikasi prosesor Intel Core i5, RAM 8 GB dengan sistem operasi Windows 64-bit.
2. Perangkat Lunak yang dibutuhkan pada penelitian adalah : eCognition Developer 64, Global Mapper 18, dan ArcMap 10.2
3. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini :

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Tahun Akuisisi
1.	Foto Udara	Februari 2016
2.	Point Cloud LiDAR	Februari 2016

II. Tinjauan Pustaka

II.1 LiDAR

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh menggunakan laser cahaya kontinyu yang dipancarkan secara menyebar dari sebuah transmitter (pemancar) untuk menemukan jarak suatu objek (Smith, 2008). Metode untuk menentukan jarak suatu obyek adalah dengan menggunakan pulsa laser.

LiDAR menggunakan cahaya inframerah, ultraviolet, tampak, atau dekat dengan objek gambar dan dapat digunakan untuk berbagai sasaran, termasuk benda-benda non-logam, batu, hujan, senyawa kimia, aerosol, awan dan bahkan molekul tunggal. Sebuah sinar laser dapat digunakan untuk memperoleh fitur peta fisik dengan resolusi sangat tinggi. LIDAR telah digunakan secara luas untuk penelitian atmosfer dan meteorologi. Instrumen LIDAR dipasang ke pesawat dan satelit yang digunakan untuk survei dan pemetaan.

II.1.2 Prinsip Kerja LiDAR

Prinsip kerja LiDAR secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser pada target kemudian sinar tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Berkas sinar yang ditangkap kemudian dianalisis oleh peralatan *detector*. Perubahan komposisi cahaya yang diterima dari sebuah target ditetapkan sebagai sebuah karakter objek. Waktu perjalanan sinar yang dipancarkan dan diterima kembali diperlukan sebagai variabel penentu perhitungan jarak dari benda ke sensor. Untuk mendapatkan gambar, dilakukan penyiaran pada lokasi yang ditentukan. Penyiaran dilakukan dengan memasang *laser scanner*, GPS dan INS pada wahana yang dipilih berdasarkan skala produk yang diinginkan dan luas cakupan, maka ditentukan jalur terbang. Pada jalur terbang yang telah ditentukan tersebut wahana terbang melakukan penyiaran (*scanning*). Pada saat *laser scanner* melakukan penyiaran sepanjang jalur terbang pada setiap interval waktu tertentu direkam posisinya dengan menggunakan GPS dan orientasinya dengan menggunakan INS. Proses ini dilakukan sampai jalur yang disiam selesai (Ferdiansyah, 2016).

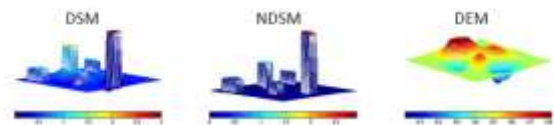
II.2 DSM, DEM dan nDSM

Digital Surface Model (DSM) adalah model permukaan bumi yang meliputi fitur alami maupun buatan manusia, misalnya gedung, vegetasi, dan

pepohonan (ASPRS, 2007). DSM juga merupakan model elevasi topografis permukaan bumi yang memberi batas acuan yang benar secara geometris. DSM menggambarkan puncak fitur yang terdapat di atas *bare earth*.

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik – titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991). DEM menyajikan permukaan bumi tanpa menampilkan fitur vegetasi, bangunan, dan struktur buatan manusia yang lainnya.

Normalized Digital Surface Model (nDSM) adalah penyajian model elevasi obyek pada permukaan datar. Model ini diperoleh dari perbedaan antara DSM dan DEM. nDSM dihitung dengan cara mengurangkan DSM dengan DEM (Grigillo, dkk., 2011). Penghitungan ini akan didapatkan tinggi obyek yang ada di atas permukaan tanah. Gambar 1 menunjukkan perbedaan antara DSM, nDSM dan DEM.



Gambar 1. DSM, NDSM, dan DEM (Bartels dan Wei, 2009)

II.3 Foto Udara Multispektral

Pada umumnya foto udara dihasilkan dalam warna pankromatik karena menggunakan saluran lebar. Foto udara multispektral merupakan foto daerah sama yang dibuat pada tempat dan ketinggian yang sama dengan menggunakan lebih dari satu spektrum elektromagnetik. Saluran yang umumnya digunakan empat kamera atau satu kamera berlensa empat dengan menggunakan saluran biru, hijau, merah dan inframerah dekat. perekamannya dilakukan secara bersamaan sehingga pada setiap pemotretan dihasilkan empat foto yang saluran elektromagnetiknya berbeda.

Keunggulan foto udara multipektral terletak pada kemampuannya untuk mempertajam beda rona antara dua objek atau lebih. Penajaman rona pada foto udara multispektral dapat dimanfaatkan untuk pengamatan visual tanpa perubahan, pengamatan visual dengan pemotretan kembali dan paduan warna aditif dengan alat pengamat (Liliesand and Kiefer, 1990).

II.5 Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman penghasil minyak nabati yang dapat menjadi andalan dimasa depan karena berbagai kegunaannya bagi kebutuhan manusia. Kelapa sawit memiliki arti penting bagi pembangunan nasional Indonesia. Selain menciptakan

kesempatan kerja yang mengarah pada kesejahteraan masyarakat, juga sebagai sumber devisa negara. Penyebaran perkebunan kelapa sawit di Indonesia saat ini sudah berkembang di 22 daerah propinsi. Luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 1968 seluas 105.808 ha dengan produksi 167.669 ton, pada tahun 2007 telah meningkat menjadi 6.6 juta ha dengan produksi sekitar 17.3 juta ton CPO (Sastrosayono, 2003).

Produksi sawit merupakan buah kelapa sawit hasil panen dari suatu perkebunan kelapa sawit. Produksi sawit ini sangat penting bagi perusahaan perkebunan kelapa sawit, karena merupakan sumber penghasilan utama dari perusahaan itu sendiri. Oleh sebab itu, jika tingkat produksi tinggi maka keuntungan dari hasil penjualan buah sawit juga meningkat. Tinggi rendahnya tingkat produktivitas kelapa sawit juga dipengaruhi oleh umur tanaman kelapa sawit yang ada di suatu perkebunan. Lubis (1992) menyatakan bahwa produktivitas maksimal tanaman kelapa sawit dapat dicapai ketika tanaman berumur 7 – 11 tahun. Menurut Risza (2008:149) semakin luas komposisi umur tanaman remaja dan renta, semakin rendah pula tingkat produktivitasnya. Sedangkan semakin banyak tanaman dewasa dan teruna semakin tinggi pula tingkat produktivitasnya. Komposisi umur tanaman berubah setiap tahunnya sehingga juga berpengaruh terhadap pencapaian produksi per hektar per tahunnya.

II.6 Template Matching

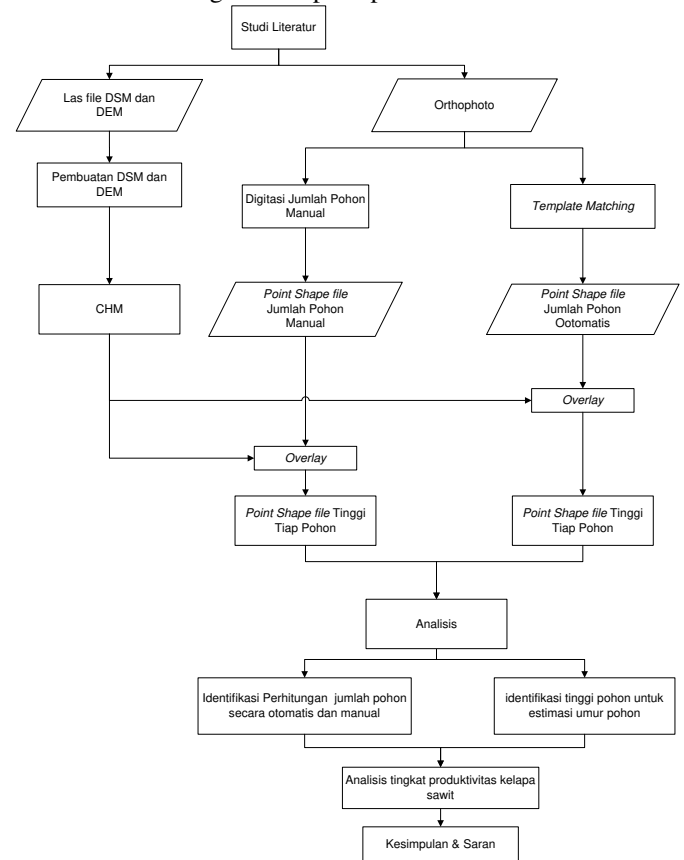
Template matching adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra digital untuk menemukan bagian-bagian kecil dari gambar yang cocok dengan *template* gambar. *Template matching* merupakan salah satu ide yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana otak kita mengenali kembali bentuk-bentuk atau pola-pola. *Template* dalam konteks rekognisi pola menunjuk pada konstruk internal yang jika cocok (*match*) dengan stimulus penginderaan mengantar pada rekognisi suatu objek. Pengenalan pola terjadi jika terjadi kesesuaian antara stimulus indera dengan bentuk mental internal. Gagasan ini mendukung bahwa sejumlah besar *template* telah tercipta melalui pengalaman hidup kita. Tiap-tiap *template* berhubungan dengan suatu makna tertentu. (Abikindo, 2010)

Contoh proses identifikasi bentuk geometri :

Energi cahaya yang terpancar dari suatu bentuk mengenai pada retina mata dan diubah menjadi energi neural yang kemudian dikirim ke otak. Selanjutnya terjadi pencarian di antara *template-template* yang ada. Jika sebuah *template* ditemukan sesuai (*match*) dengan pola tadi, maka subjek dapat mengenal bentuk tersebut. Setelah kecocokan antara objek dan *template* terjadi, proses lebih lanjut dan interpretasi terhadap objek bisa terjadi.

III. Metodologi Penelitian

Berikut adalah diagram alir pada penelitian ini :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

III.1 Tahapan Persiapan

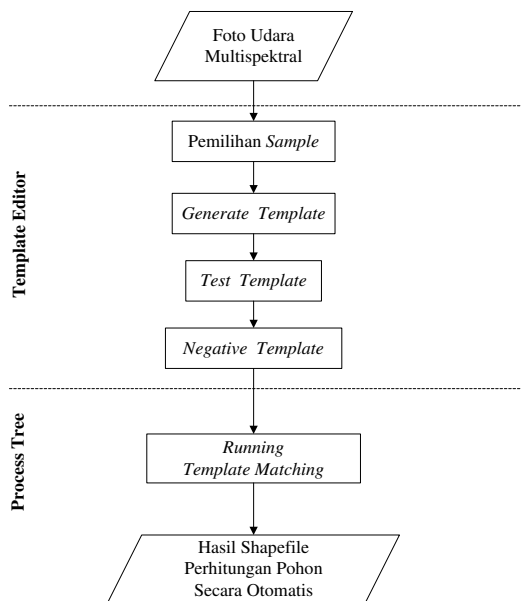
Tahapan awal pada penulisan penelitian tugas akhir ini adalah persiapan. Dalam melakukan pemecahan terhadap suatu masalah sangat perlu dilakukan suatu perencanaan yang baik sebagai persiapan sebelum memulai suatu penelitian, agar masalah tersebut dapat diselesaikan secara efektif dan efisien sehingga mendapatkan solusi yang berkualitas seperti studi literatur dan data yang diperlukan.

III.2 Tahapan Pengolahan

Pelaksanaan pengolahan data penelitian dimulai dari pembuatan nDSM yang nantinya akan dilakukan untuk ekstraksi pohon secara otomatis, kemudian perhitungan digitasi secara manual dari data *orthophoto* dan dilakukannya analisis dari hasil pengolahan tersebut.

III.2.1 Perhitungan Otomatis

Penelitian perhitungan jumlah pohon kelapa sawit ini dilakukan menggunakan data foto udara multispektral. Foto udara dilakukan proses *template matching*. Metode ini yang akan memudahkan dalam proses identifikasi perhitungan jumlah pohon sawit. Pada proses identifikasi jumlah pohon kelapa sawit ini, data yang digunakan adalah foto udara multispektral.



Gambar 3. Diagram Alir Template Matching

III.2.2 Perhitungan Manual

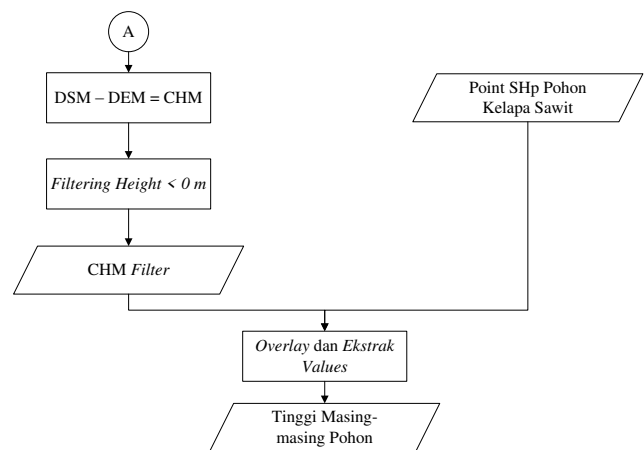
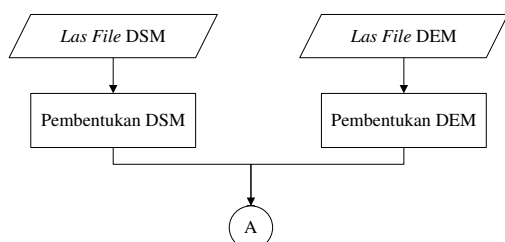
Proses perhitungan kelapa sawit ini dilakukan menggunakan *tools editing*. Semua pohon kelapa sawit ditandai satu per satu dengan menggunakan *point/titik*. Sedangkan untuk kelas lainnya seperti bangunan, hutan, jalan, pemukiman, semak ditandai dengan poligon. Digitasi adalah proses pengkonversian fitur pada peta spasial ke dalam format digital.

III.2.3 Perbandingan Posisi

Tahap pengolahan perbandingan posisi antara titik hasil digitasi manual dan titik hasil ekstraksi otomatis. Pada proses ini diambil sampel sebanyak 240 titik yang tersebar secara merata pada *orthophoto*. Untuk mengetahui koordinat yang berdekatan pada satu pohon menggunakan analisis kedekatan yaitu *Near tools* dimana titik dengan jarak terdekat dengan titik yang dibandingkan adalah posisi terbaik untuk dilakukan perhitungan perbedaan posisinya.

III.2.3 Identifikasi Tinggi

Pengukuran ketinggian pohon dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data LiDAR yang berupa DSM (*Digital Surface Model*) ini dengan perhitungan secara matematis yaitu dengan mengurangi nilai ketinggian dari DSM dengan ketinggian tanah permukaan di area penelitian yaitu DEM (*Digital Elevation Model*) diperoleh CHM (*Crown Height Model*). Berikut tahapan dalam identifikasi ketinggian pohon adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Alir Identifikasi Tinggi Pohon

III.3 Tahapan Analisis dan Penyajian Hasil

Tahapan terakhir setelah melakukan proses pengolahan adalah menganalisa dari pengolahan-pengolahan yang telah dilakukan tersebut serta menyajikan keseluruhan hasil seperti menganalisa hasil pengamatan dan perbandingan hasil perhitungan menggunakan metode manual dan otomatis.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Penghitungan Jumlah Pohon Hasil Ekstraksi Otomatis

Dalam proses perhitungan jumlah pohon kelapa sawit hasil ekstraksi otomatis ini menggunakan metode *template mathcing* yang melalui 4 tahapan yaitu pemilihan sampel, *generate template*, *test template* dan *negative template*.

- Pemilihan sampel:** Pada penelitian ini, sampel yang diambil sebanyak 29 sampel pohon kelapa sawit. Dimana sampel yang diambil dipilih secara merata dan menyebar pada daerah penelitian.
- Generate template:** *Group size* yang dipilih pada proses *generate template* ini sebanyak 5 buah *template*. Koefisien korelasi rata-rata antara *template* dan semua sampel sebesar 0,628.



Gambar 5. Hasil Pembentukan Template Sawit

- Test template:** Pada proses *test template* ini penentuan nilai ambang batas adalah sebesar 0.5.



Gambar 6. Hasil Test Template

- Negative template:** *Template* negatif dengan ukuran kelompok yang berbeda, namun tidak dapat mengubah lapisan, karena lapisan selalu sesuai dengan lapisan *template* saat ini (positif)



Gambar 7. Hasil Pembentukan *Negative Template*
Berikut hasil perhitungan jumlah pohon dengan metode otomatis:

Tabel 2. Hasil perhitungan jumlah pohon otomatis

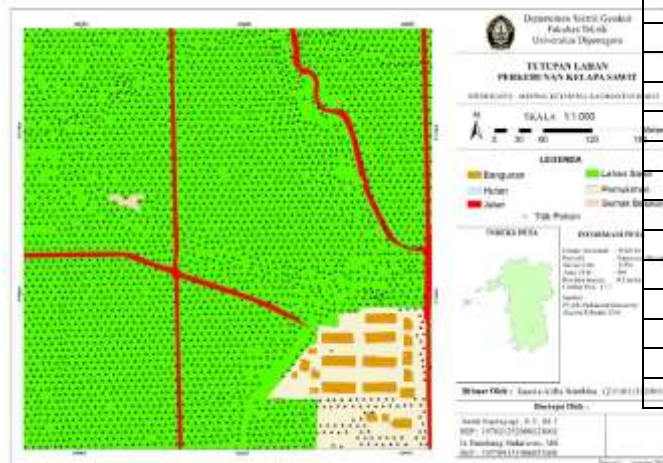
	Kelapa Sawit
Jumlah (pohon)	23.178

IV.2 Hasil dan Analisis Penghitungan Jumlah Pohon Hasil Ekstraksi Manual

Interpretasi *Orthophoto* dilakukan dengan visualisasi manual dengan 6 interpretasi dan menggunakan data *training area* sebagai validasi. Untuk tiap objek yang teridentifikasi dilakukan digitasi. Berikut hasil interpretasi objek pada *orthophoto* yang ditampilkan pada gambar 8 sebagai berikut:

- Pohon Kelapa Sawit
- Semak
- Jalan
- Bangunan
- Pemukiman
- Hutan

Tanaman kelapa sawit menggunakan *editing tools point*, sedangkan jalan, semak, lahan kelapa sawit, pemukiman, hutan dan bangunan menggunakan *editing tools polygon*.



Gambar 8. Hasil Digitasi

IV.3 Hasil dan Analisis Perbandingan Jumlah Pohon Hasil Ekstraksi Otomatis dengan Jumlah Pohon Digitasi Manual

Berikut adalah tabel perbandingan hasil perhitungan jumlah pohon sawit:

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan jumlah pohon

	Otomatis	Manual	Selisih
Jumlah Pohon	23.178 pohon	24.260 pohon	1.082 pohon

Uji nilai parameter pada proses perhitungan menggunakan metode *template matching* dengan metode digitasi manual adalah target memilih nilai >80%. Dan dari hasil perhitungan yang dilakukan didapat presentasi sebesar 95,53%. Hal itu menunjukkan bahwa perhitungan jumlah pohon menggunakan metode *template matching* dapat digunakan sebagai alternatif perhitungan jumlah pohon kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit untuk kepentingan monitoring lahan. Walaupun perlu dilakukan pengecekan kembali dan pemilahan yang bukan termasuk sawit, namun ini tidak membutuhkan waktu yang lama.

IV.3.1 Hasil dan Analisis Koordinat Titik Hasil

Pada sub bab ini akan menganalisis akurasi koordinat pohon didapat dari perbedaan posisi antar koordinat dimana koordinat yang dianggap benar adalah koordinat hasil digitasi manual di titik tengah-tengah pohon. Analisis ini diambil sampel sebanyak 240 titik yang diambil secara merata pada foto udara. Berikut hasil beberapa koordinat pohon digitasi manual dan otomatis pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Koordinat pohon

No	MANUAL		OTOMATIS	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	467927,50	9742274,95	467928,05	9742274,25
2	467936,50	9742274,95	467937,20	9742275,30
3	467974,00	9742276,00	467973,95	9742277,40
4	467955,10	9742276,15	467956,10	9742276,80
5	467964,40	9742276,15	467964,35	9742276,50
6	467945,80	9742276,30	467946,20	9742275,60
7	467923,60	9742282,15	467924,90	9742281,00
8	467942,95	9742282,15	467943,05	9742283,25
9	467932,60	9742283,05	467931,95	9742282,65
10	467951,05	9742283,05	467951,60	9742282,35
11	467958,70	9742284,85	467959,40	9742285,65
12	467977,38	9742285,75	467974,85	9742286,70
13	467927,35	9742289,80	467926,25	9742290,90
14	467937,40	9742290,25	467937,35	9742290,15
15	467945,20	9742290,85	467946,35	9742290,60
....
239	469187,95	9741186,10	469187,90	9741186,00
240	469198,30	9741186,10	469199,60	9741186,30

Besarnya nilai kesalahan tersebut ditunjukkan dengan nilai RMSe (*root mean square error*). Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai RMSe absis (X) sebesar 0,64 meter, nilai RMSe ordinat (Y) sebesar 0,73 meter. Posisi titik-titik yang dihasilkan dari ekstraksi otomatis menggunakan metode *template matching* ini masih ada yang tidak berada pada titik pucuk pohon seperti pada gambar 5. Sehingga apabila ingin mencari nilai tinggi pohon dari titik yang dihasilkan pada metode *template matching* ini akan mempengaruhi nilai dari tinggi masing-masing pohon yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil Nilai Jumlah, rata-rata, dan RMS dari selisih koordinat

	$ dx $	$ dy $
Jumlah	99,96	128,15
Rata-rata	0.56	0.43
RMSe	0.64	0.73

(Dalam satuan meter)



Gambar 9. Perbedaan Posisi

IV.4 Hasil dan Analisis Identifikasi Tinggi Pohon untuk Estimasi Umur Pohon

Berikut hasil identifikasi tinggi pohon kelapa sawit pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Identifikasi Tinggi Pohon

No.	Tinggi Pohon
1	7,150
2	8,315
3	4,989
4	5,381
5	4,091
..
24259	5,825
24260	3,665

Tinggi pohon yang paling dominan adalah berikisar antara 6,7 meter sampai dengan 8,4 meter. CHM ini didapat dari hasil perhitungan matematis yaitu pengurangan DSM dan DEM. Asumsi yang digunakan adalah bahwa puncak obyek diperoleh dari DSM dan muka tanah diperoleh dari DEM. Penghitungan ini didapatkan tinggi obyek yang ada di atas permukaan tanah. CHM pada kegiatan ini merepresentasikan tinggi masing-masing pohon tanaman kelapa sawit.

IV.4.1 Hasil dan analisis perbedaan tinggi pohon

Untuk mengetahui besar selisih ketinggian antara titik manual dengan titik otomatis disajikan pada Tabel 7 dengan sampel 240 pohon yang diambil secara merata sebagai berikut :

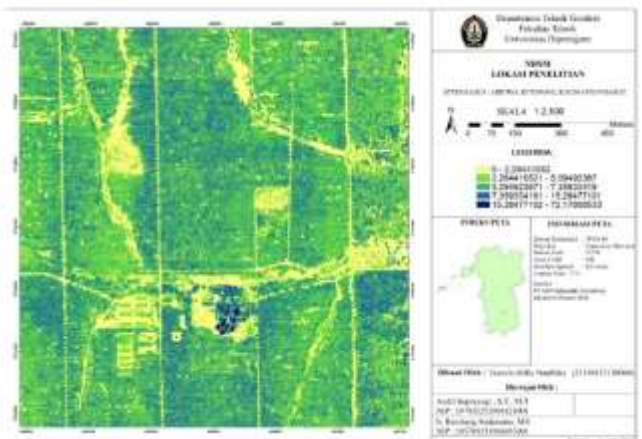
Tabel 7. Hasil Perbedaan Tinggi Pohon

No.	H Manual (m)	H Otomatis (m)	dH (m)
1	7,1	7,1	0,1
2	8,2	8,1	0,1
3	9,7	9,9	0,2
4	8,6	7,2	1,4
5	7,6	7,8	0,2

Tabel 7. Hasil Perbedaan Tinggi Pohon (lanjutan)

No.	H Manual (m)	H Otomatis (m)	dH (m)
6	8,3	9,2	0,9
7	7,2	6,3	0,9
8	7,2	5,7	1,5
9	7,8	6,7	1,1
10	6,2	6,7	0,5
11	7,6	7,9	0,3
12	7,9	7,4	0,5
13	8,4	7,1	1,3
14	5,6	4,6	0,9
15	5,4	5,5	0,1
....
240	4,8	5,3	0,5

Hasil analisis selisih tinggi antara titik manual dan titik otomatis yang ditunjukkan pada Tabel 7 menyimpulkan bahwa dalam pendeteksian tinggi pohon, nilai posisi pada suatu titik yang dihasilkan sangatlah mempengaruhi. Besarnya nilai kesalahan pada nilai absis (X) dan ordinat (Y) tersebut mempengaruhi nilai ketinggian pohon yang dihasilkan seperti yang ditampilkan pada Tabel 7. Besarnya nilai kesalahan (RMSe) pada tinggi pohon untuk sampel 240 titik sebesar 0,76 meter.



Gambar 10. CHM (Crown Height Model)

IV.4.2 Analisis tinggi pohon untuk estimasi umur pohon

Berdasarkan kelas pembagian umur berdasarkan ketinggian pohon, pada daerah penelitian ini didapatkan hasil klasifikasi umur tanaman kelapa sawit pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Jumlah Tanaman Berdasarkan Umur

No	Umur Tanaman (th)	Jumlah Pohon
1	1	152
2	2	85
3	3	30
4	4	248

Tabel 8. Jumlah Tanaman Berdasarkan Umur (lanjutan)

No	Umur Tanaman (th)	Jumlah Pohon
5	5	220
6	6	927
7	7	986
8	8	1.952
9	9	997
10	10	4.759
11	11	4.841
12	12	4.684
13	13	1.756
14	14	1.605
15	15	207
16	16	308
17	17	185
18	18	72
19	19	40
20	20	69
21	21	64
22	22	31
23	23	5
24	24	17
25	=> 25	20

IV.5 Hasil dan Analisis Tingkat Produktivitas Kelapa Sawit

Tinggi rendahnya produktivitas tanaman kelapa sawit dipengaruhi oleh komposisi umur tanaman. Umur tanaman memiliki peranan yang sangat penting terhadap produksi TBS (tandan buah segar) kelapa sawit. Berikut hasil tingkatan produksi berdasarkan kelas umur pada tabel 9 adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Tingkatan Produksi Berdasarkan Kelas Umur

KELAS UMUR	JENIS	PRODUKSI	JUMLAH POHON
0-3 tahun	Muda	Belum Menghasilkan	237
3-4 tahun	Remaja	Sangat Rendah	278
5-12 tahun	Teruna	Mengarah Naik	14.682
12-20 tahun	Dewasa	Posisi Puncak	8.926
21-25 tahun	Tua	Mengarah Turun	137
>26 tahun	Renta	Sangat Rendah	0
Jumlah			24.260

Tanaman kelapa sawit pada umur 7-12 tahun dapat mencapai produksi optimum dengan jumlah tandan yang dihasilkan banyak dan berat janjang yang dihasilkan juga cukup tinggi sehingga berpengaruh

kepada pencapaian produksi TBS per hektarnya yang tinggi pula. Hasil perhitungan potensi produktivitas untuk setiap umur dari kelas kesesuaian lahan S1, S2 dan S3, setiap kelas lahan mempunyai tingkat produktivitas yang berbeda. Hal ini dikarenakan pada setiap kelas lahan terdapat perbedaan jumlah tandan yang ada pada setiap pohonnya berdasarkan umurnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan kesesuaian kelas lahan kelapa sawit antara lain curah hujan, *slope* lereng dan tekstur tanah. Berikut hasil jumlah rata-rata berat tandan (kg) pada area penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Total Produktivitas Kelapa Sawit

No.	Kelas Kesesuaian Lahan	TBS (ton)
1.	S1	5.545,6
2.	S2	4.970,3
3.	S3	4.726,64

Nilai produktivitas kelapa sawit ini merupakan nilai penting karena dari nilai produktivitas inilah dapat diketahui produksi kelapa sawit secara keseluruhan. Tinggi rendahnya produktivitas tandan buah segar (TBS) perhektar suatu kebun tergantung dari komposisi umur tanaman yang ada di kebun tersebut semakin luas dan komposisi tanaman remaja dan tua semakin rendah produktivitas per hektarnya. Komposisi umur tanaman ini setiap tahun berubah sehingga sehingga juga berpengaruh terhadap pencapaian produktivitas per hektarnya pertahun. Selain itu, kesesuaian lahan juga menjadi salah satu faktor dalam perhitungan tingkat produktivitas kelapa sawit ini.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil ekstraksi otomatis identifikasi pohon kelapa sawit berjumlah 23.178 pohon dan hasil digitasi manual berjumlah 24.260 pohon. Hal ini berarti presentase perhitungan tercapai >80% yaitu mencapai 95,53%. Terdapat perbedaan jumlah pohon dengan perhitungan otomatis dengan manual sebesar 4,47%. Meskipun presentase tersebut telah memenuhi target penelitian ini, namun jumlah tersebut masih terbilang cukup signifikan, oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut. Perbedaan posisi antara kedua metode didapat nilai RMSe absis (X) sebesar 0,64 meter, nilai RMSe ordinat (Y) sebesar 0,73 meter.
2. Identifikasi tinggi pohon kelapa sawit diperoleh dengan menggunakan data LiDAR yaitu berupa

CHM (*Crown Height Model*). Dari hasil ekstraksi CHM diperoleh tinggi pohon yang paling dominan pada area Kecamatan Air Upas dengan nomor lembar 17E seluas 178,1 ha adalah berikisar antara 6,7 meter sampai dengan 8,4 meter dan estimasi umur pohon kelapa sawit yang paling dominan pada area studi penelitian adalah umur 10 tahun sebanyak 4.759 pohon, umur 11 tahun sebanyak 4.841 pohon dan umur 12 tahun sebanyak 4.684 pohon. Besarnya nilai kesalahan (RMSe) perbedaan antara titik manual dan titik otomatis pada tinggi pohon sebesar 0,76 meter.

3. Nilai estimasi produktivitas kelapa sawit berdasarkan umur untuk masing-masing kelas lahan adalah sebesar 5.545,6 ton untuk kelas lahan S1 (sangat sesuai); sebesar 4.970,3 ton untuk kelas lahan S2 (sesuai) dan sebesar 4.726,6 ton untuk kelas lahan S3 (kurang sesuai). Tinggi rendahnya produktivitas tanaman kelapa sawit dapat dipengaruhi oleh komposisi umur tanaman dan kesesuaian kondisi lahan. Umur tanaman memiliki peranan yang sangat penting terhadap produksi TBS (tandan buah segar) kelapa sawit. Semakin banyak tanaman dewasa dan taruna pada suatu area perkebunan kelapa sawit maka semakin tinggi produktivitas per hektarnya.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran agar penelitian berikutnya bisa lebih baik, yaitu:

1. Penentuan parameter tertentu pada proses *template matching* harus dilakukan secara cermat dan tepat agar dihasilkan jumlah objek dalam hal ini pohon sawit yang sesuai dengan keadaan sebenarnya
2. Proses perhitungan secara otomatis sebaiknya menggunakan parameter pembanding lainnya seperti foto udara dan data lapangan. Data foto udara menampilkan visualisasi obyek pohon sawit secara jelas sehingga dapat mempermudah dalam mendeteksi perhitungan pohon secara otomatis.
3. Jika dilakukan penelitian disarankan dengan menggunakan data LiDAR yang belum terklasifikasi antara permukaan tanah dan tutupan lahannya. Selain akan mengerti proses klasifikasinya, penelitian dapat dikembangkan dengan membandingkan nilai ketinggian tutupan lahan pada LiDAR terhadap ketinggian DEM. Dimana tinggi DEM juga dianggap sebagai tinggi pohon.
4. Dalam pengolahan data LiDAR, sebaiknya menggunakan perangkat keras yang memiliki kecepatan proses tinggi, karena data LiDAR terdiri atas jutaan titik koordinat yang memerlukan waktu banyak untuk pengolahan data.

5. Dalam memilih studi kasus penelitian sebaiknya yang mudah dijangkau, agar data validasi yang digunakan dapat mudah didapatkan apabila tidak mendapatkan data lapangan dari instansi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Abikindo. 2010. *Template Matching*. <https://abikindo.blogspot.co.id/2010/06/template-matching>. (akses pada tanggal 14 Juni 2017)
- ASPRS, 2007, *Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual*, 2nd Edition, edited by David F. Maune, Bethesda, Maryland
- Bartels, M., dan Wei, H., 2009, *Remote Sensing: Segmentation and Classification of LIDAR Data*, <http://www.cvg.reading.ac.uk/projects/LIDAR/index.html> (akses tanggal 26 April 2017)
- Ferdiansyah, I. 2016. *LiDAR* <https://iqbalferdiansyah.wordpress.com/2016/03/30/lidar/>. (akses pada tanggal 04 April 2017)
- Grigillo, D., Kosmatin Fras, M., dan Petrovič, D., 2011, "Automatic extraction and building change detection from digital surface model and multispectral orthophoto", *Geodetski vestnik*, 55(1), 28-45.
- Kiefer, dan Lillesand. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prpto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi) Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Lubis, A.U. 1992. *Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis) di Indonesia*. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat – Bandar Kuala, Pematang Siantar
- Cheap Offers: http://bit.ly/gadgets_cheap
- Risza, S. 2008. *Kelapa Sawit dan Upaya Peningkatan Produktivitas*. Penerbit Kanisius. Jakarta
- Sastrosayono, S., 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Setianto, B., 2016. *Industri Pertanian Saham-Saham BEI Per Laporan Keuangan Q1*. BSK Capital. Jakarta
- Setianto, B., 2016. *Industri Pertanian Saham-Saham BEI Per Laporan Keuangan Q1*. BSK Capital. Jakarta
- Smith, A.M.S., 2008. *Production of vegetation spatial structure maps by per-object analysis of juniper encroachment in multitemporal aerial photographs*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 34, No. S2, pp. S268–S285
- Tempfli, K. 1991. *DTM and differential modeling*. Dalam Suharyadi, R., Sapta, B., Purwanto, T.H., Rosyadi. R.I., Farda, N.M., Wijaya, M.S., 2012. *Petunjuk Praktikum Sistem Informasi Geografis : Pemodelan Spatial*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada